

## NEUVIÈME LEÇON.

11 AVRIL 1856.

SOMMAIRE : Nature de l'ozone. — Ses propriétés chimiques. — Mode de préparation de l'ozone. — Ses effets physiologiques. — Ses relations avec les diverses conditions météorologiques.

MESSIEURS,

Dans les dernières leçons nous avons étudié la part d'action qui devait être faite à la diminution et à l'augmentation de la proportion d'oxygène dans un milieu destiné à entretenir la respiration. Vous n'avez pas oublié comment cette étude nous a conduit, malgré l'innocuité propre de l'acide carbonique, à lui faire une large part dans le phénomène de l'asphyxie par une atmosphère confinée ou viciée. De nouvelles expériences faites depuis la dernière leçon nous ont confirmé dans les idées par lesquelles nous vous avons expliqué les effets produits par l'acide carbonique, idées sur lesquelles nous n'avons par conséquent pas à revenir aujourd'hui, parce que nous aurons à nous en occuper à propos de l'asphyxie par la vapeur de charbon.

Mais il nous reste encore à continuer, au point de vue de ce cours, l'histoire physiologique du milieu vital. Nous nous occuperons des effets de l'ozone, principe particulier qui existe dans l'air et auquel on a accordé, dans ces derniers temps, une influence physiologique et pathologique considérable.

L'ozone est une substance dont la présence dans l'air atmosphérique n'a été signalée que depuis peu. C'est en 1839 que M. Schœnbein communiqua à l'Académie de Munich les résultats de ses premières expériences. La nature de l'ozone a été un objet de discussion, et diverses opinions ont été émises à ce sujet. Pour quelques chimistes, c'est un suroxyde d'hydrogène; d'autres ont admis que, sous certaines influences, qui sont précisément celles qui président à la formation de l'ozone, de l'acide azoteux se formait dans l'air, et que l'ozone n'était que de l'acide azoteux; d'autres, prenant un moyen terme, ont admis que c'était un mélange de suroxyde d'hydrogène et d'acide azoteux. On croit généralement aujourd'hui que l'ozone n'est autre chose que l'oxygène dans un état différent de celui sous lequel il était connu jusqu'ici; en d'autres termes, que l'ozone et l'oxygène sont deux états isomères d'un même corps, capables de se transformer l'un en l'autre de ces états dans des circonstances données.

Avant d'être fixé sur sa nature, on a constaté quelques-unes des réactions de l'ozone, réactions qui lui firent reconnaître des propriétés oxydantes très-énergiques.

Lorsqu'on place dans un milieu renfermant de l'ozone un papier amidonné, trempé dans une solution étendue d'iodure de potassium, l'ozone met de l'iode en liberté et le papier bleuit, comme vous pouvez ici en être témoins. On a donc, dans ce papier amidonné et trempé dans l'iodure de potassium, un réactif de l'ozone qui, dans certaines circonstances, en fait recon-

naître la présence dans l'air. Notons toutefois que certains corps qui jouissent de propriétés oxydantes énergiques partagent avec l'ozone la propriété de bleuir ce papier qu'on a appelé papier ozonométrique; le chlore et les combinaisons oxygénées de l'azote sont dans ce cas.

On a vu que l'ozone se produisait dans l'atmosphère sous l'influence de l'électricité, pendant certains orages. Son odeur est spéciale et lui a valu son nom. Cette odeur, qui ne peut guère être comparée à aucune des odeurs généralement connues, rappelle celle qui se fait sentir dans une pièce où l'on développe de l'électricité par frottement.

MM. Becquerel et Frémy ont montré que dans un tube plein d'oxygène on pouvait produire de l'ozone en y faisant passer des étincelles électriques. De même que la chaleur peut agir sur le soufre et modifier non-seulement ses caractères physiques, mais encore ses propriétés chimiques; de même que la lumière agit sur le chlore et développe à un haut degré son affinité pour l'hydrogène qu'on trouve moindre lorsqu'il a été préparé à l'obscurité; ainsi l'électricité semble agir sur l'oxygène. A l'état ordinaire, l'oxygène ne bleuit pas le réactif de Schœnbein, c'est-à-dire ne met pas en liberté l'iode combiné; il ne se combine pas directement avec les métaux des dernières séries, non plus qu'avec l'azote. Dans l'ozone, qui paraît être de l'oxygène modifié par l'électricité, les propriétés oxydantes sont développées à un bien plus haut degré. Nous vous avons indiqué son action sur le papier ioduré; il se

combine encore directement avec l'argent et l'azote, etc. Cette aptitude à se combiner avec l'azote peut apporter même quelque confusion dans l'appréciation des résultats obtenus avec le papier de Schœnbein, parce que, dans l'air, la production de l'ozone détermine la formation d'acide hypoazotique qui agit sur le papier réactif de la même manière que l'ozone. Cette cause d'erreur disparaîtrait cependant s'il pouvait être établi que ce composé azoté ne se produit dans l'atmosphère que sous l'influence de l'ozone, ou, au moins, dans les mêmes circonstances que ce dernier corps, ce qui n'est pas impossible. Mais cela empêcherait toujours d'admettre que l'ozone pût exister à l'état de liberté dans l'air; de sorte qu'on pourrait conserver de l'oxygène ozonisé, mais non de l'air ozonisé.

M. Schœnbein pense que l'apparition dans l'air d'une proportion un peu élevée de l'ozone coïncide toujours avec la production des épidémies de grippe.

Pour se procurer de l'ozone, on peut recourir au procédé de MM. Becquerel et Frémy, qui font passer dans l'oxygène des étincelles électriques produites au moyen de l'appareil de Rhumkorff. Il est important, dans la pratique de ce procédé, de ne pas placer sur la cuve à mercure la cloche qui renferme l'oxygène à ozoniser, parce qu'à mesure de sa production l'oxygène ozonisé oxyderait le mercure et l'on reconnaîtrait son absorption à ce que le mercure monterait dans la cloche.

Un autre procédé consiste à préparer de l'oxygène;

en décomposant par exemple l'eau par la pile. Comme dans l'opération précédente il faut éviter les métaux et les corps qui pourraient facilement s'oxyder. L'hydrogène qui provient de la décomposition est conduit au dehors et se perd; l'oxygène qu'on recueille est de l'oxygène ozonisé. Dans cette expérience il est nécessaire que l'eau décomposée soit maintenue à une basse température, ce qu'on réalise en la plaçant dans un bain de glace fondante. L'appareil qui fonctionne sous vos yeux me dispense de vous en donner une description plus étendue (fig. 7).

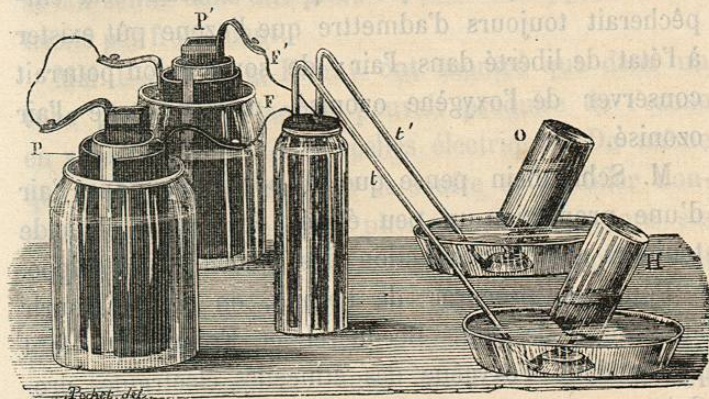


FIG. 7. — Appareil à produire de l'ozone.

PP', deux piles de Bunsen ; — FF'', fils conducteurs entrant dans deux tubes de verre et plongeant dans de l'eau glacée ; — t', tubes conduisant le gaz de l'eau décomposée en O oxygène, ou H hydrogène.

Tout à l'heure, Messieurs, vous avez vu le papier ozonométrique, c'est-dire le papier imbibé d'amidon et d'iode de potassium, se colorer en bleu à la suite de son exposition au gaz recueilli dans notre appareil.

Dans ce tube nous agitions de l'ozone avec du mercure ; le métal sera oxydé et le gaz restant aura perdu la propriété de bleuir le papier réactif que nous y introduisons et qui, vous le voyez, reste parfaitement blanc.

Cette propriété très-oxydante de l'oxygène modifié par l'électricité se porte également sur les corps organiques. On a pu admettre que cette faculté oxydante était capable de devenir une cause d'insalubrité en favorisant la décomposition de certaines matières organiques et par suite la production de miasmes. L'opinion contraire a paru aussi devoir être adoptée d'après des expériences qui montrent que l'ozone se combinant avec les émanations d'origine organique serait un désinfectant puissant. Ainsi, M. Schœnbein prit un flacon de 60 litres contenant de l'air assez fortement ozoné pour que le papier réactif passât, presque instantanément, au bleu foncé dès qu'on le mit dans le flacon. Il y plongea un morceau de viande putréfiée du poids de 120 grammes environ ; pendant plus de neuf heures l'air ambiant ne présenta pas la moindre odeur fétide. Pendant cette expérience, M. Schœnbein essaya, de demi-heure en demi-heure, l'air du flacon, et trouva que l'ozone diminuait continuellement ; mais, tant que le papier réactif indiqua la présence de l'ozone libre, il fut impossible de sentir la moindre odeur fétide. Cette odeur reparut dès que le papier réactif ne fut plus influencé. M. Schœnbein conclut de cette expérience que toutes les substances miasmiques produites par ce morceau de viande en putréfaction, dans un intervalle de neuf heures, ont

été complètement détruites par l'ozone contenu dans le flacon de 60 litres.

Les expériences instituées pour étudier les effets physiologiques de l'ozone sont surtout dues à M. Schönbein. Voici les principaux résultats auxquels ont conduit ses observations : lorsqu'on met des animaux dans l'air ou dans l'oxygène ozonisés, on voit leur respiration s'accélérer. Des mucosités sortent par leurs narines, ils finissent enfin par succomber avec tous les signes d'une inflammation violente des bronches, inflammation qui peut se constater à l'autopsie. Un chien ayant été mis pendant une heure dans une cloche où on faisait passer de l'ozone succomba avec ces accidents; et cependant M. Schönbein évalué à 2 milligrammes seulement la quantité d'ozone inspirée par cet animal, à l'autopsie duquel les poumons présentaient une vive rougeur et tous les signes d'une phlegmasie très-aiguë de la muqueuse respiratoire.

M. de la Rive, qui a aussi expérimenté sur l'ozone, m'a dit qu'on ne saurait mieux comparer l'action de l'ozone qu'à celle du chlore; que le résultat constant était de produire de l'éternement, du coryza et une bronchite. C'est par cette action qu'on s'explique la relation qu'on a tenté d'établir entre sa présence dans l'air et les épidémies de grippe. Il faut pour cela que l'ozone soit en excès dans l'air. C'est, dit-on, ce qui a lieu lorsque le vent venant du nord, pendant l'hiver, la décomposition des matières organiques est suspendue; ce corps, ne rencontrant plus les influences qui pourraient le détruire, s'accumule dans

l'atmosphère et devient dès lors une cause d'irritation pour l'appareil respiratoire.

Toutes ces recherches, Messieurs, ne nous font juger que de l'action topique de l'ozone, des effets irritants que cette substance, comme le chlore, produit par son contact avec les voies respiratoires.

Il était intéressant de savoir si, introduit directement dans le sang, l'oxygène ozonisé exerçait sur l'économie des effets différents. Tout à l'heure nous en avons, avec une seringue de verre, injecté 12 centimètres cubes environ dans la veine jugulaire d'un chien qui n'a pas paru en souffrir. Pour nous rendre compte de l'action directe sur le sang, nous avons alors agité dans deux tubes du sang avec de l'oxygène ozonisé dans l'un, avec de l'oxygène légèrement chloré dans l'autre. Dans les deux cas le sang est devenu aussi manifestement rutilant que si on l'eût agité dans l'oxygène pur.

Le mélange direct n'exerce donc pas sur le sang d'action appréciable à la vue. Des petites quantités d'ozone ou de chlore se combinent avec certains éléments du sang et par suite se détruisent et perdent ainsi toutes les propriétés qui en faisaient des topiques irritants. En supposant que ces corps soient absorbés, ils se transforment nécessairement dans le sang, car leur existence est incompatible avec le contact de la matière organique.

Cet état particulier de l'oxygène ne pouvant, en raison de cette instabilité, rien ajouter aux propriétés physiologiques de l'air vital, perd beaucoup de son

intérêt pour nous. Dans l'économie il arrive pour l'ozone ce qui arrive pour les substances qui se combinent avec les matières organiques ou qui, étant détruites par elles, ne permettent, parmi les effets primitifs qu'elles seraient capables de produire, que de juger des effets locaux.

Il y a des circonstances dans l'organisme, dans lesquelles l'oxygène prend en se fixant sur la matière organique des propriétés plus actives, qui sembleraient le rapprocher de l'ozone. C'est ainsi que les circonstances dans lesquelles l'essence de térébenthine fixe l'oxygène peuvent le modifier de telle façon qu'il présente des réactions analogues à celles de l'ozone. Voici un flacon d'essence de térébenthine qu'on a placé au soleil pendant une heure environ en l'agitant de temps en temps. Dans cet autre flacon est la même essence qui est restée en repos et à l'ombre. Si nous mettons les deux essences en présence d'une certaine quantité d'indigo et que nous favorisons la réaction par une chaleur même peu élevée, vous voyez l'essence du second flacon rester sans action sur l'indigo qui est décoloré par celle provenant du flacon agité au soleil.

Vous connaissez l'action de l'essence de térébenthine sur l'organisme; elle produit une irritation locale sur le tube intestinal, une chaleur vive dans l'estomac et un sentiment d'ardeur générale; cette action se porte aussi sur le système circulatoire et sur les reins dont elle active et modifie la sécrétion. On l'a employée dans les névralgies, dans les catarrhes vésicaux et dans

les paralysies partielles où l'on a cru remarquer une chaleur plus vive produite dans la partie paralysée.

Eh bien, on a étudié comparativement les effets de la térébenthine ordinaire et de la térébenthine ozonisée, et M. Schœnbein prétend que les effets thérapeutiques et physiologiques de cette dernière sont bien plus prononcés.

D'autres substances médicamenteuses seraient-elles susceptibles d'être ainsi modifiées? Ce serait un fait curieux à établir.

On a admis qu'il se passait dans le sang quelque chose d'analogue à ce phénomène, qui n'est ni une dissolution ni une combinaison de l'oxygène, mais cet état en quelque sorte intermédiaire est encore non défini. On sait toutefois que le sang dissout une proportion considérable d'oxygène et que le sérum ne possède pas au même degré cette propriété dissolvante, qu'il faut surtout rapporter aux globules. Nous vous avons déjà dit qu'il n'y avait pas là une dissolution ordinaire de l'oxygène, puisque, contrairement aux dissolutions qui se font moins abondantes quand la température s'élève, on voit celle-ci augmenter avec la température pour disparaître ensuite, quand celle-ci a atteint un certain degré d'élévation. On a cru voir dans l'action des globules quelque chose d'analogue à ce qui se passe pour l'essence de térébenthine, et l'on a admis que les globules du sang condensaient l'oxygène et développaient en lui des propriétés plus actives.

Rien ne démontre d'une manière directe l'exactitude de cette proposition; on peut toutefois avancer que le

phénomène qui se produit dans ce cas n'offre aucune analogie avec les effets déterminés par l'ozone.

Des expériences nouvelles jetteront, sans doute, un jour nouveau sur la question de l'influence physiologique de l'ozone. Les faits observés jusqu'ici ne permettent que de constater son influence irritante locale. Quant à la liaison qui existerait entre ses variations et les productions des épidémies, elle n'a encore donné lieu qu'à un petit nombre d'observations, dont les résultats offrent un certain intérêt. Je vous ai déjà dit que Schœnbein attribue à l'excès d'ozone dans l'air la production des épidémies de grippe. Il a aussi signalé la coïncidence qui existerait entre les épidémies de choléra et l'absence de l'ozone qui permettrait aux miasmes de se développer et favoriserait ainsi les maladies septiques; plusieurs expérimentateurs ont obtenu des résultats qui tendraient à confirmer cette vue. Ainsi, M. Th. Boeckel, dont les observations ont été faites pendant les épidémies de choléra de 1854 et 1855 à Strasbourg, signale une relation intime entre le développement de l'épidémie et la diminution ou la disparition de l'ozone. Ainsi, M. Wolf, directeur de l'observatoire de Bonn, a donné des observations dans le même sens. Une récente communication de M. Pouriau signale la coïncidence, dans le département de l'Aisne, de la diminution de l'ozone avec l'apparition des fièvres pernicieuses.

D'autres observateurs sont toutefois arrivés à des conclusions contraires. La Société de médecine de Königsberg a conclu de ses observations qu'il n'y

avait pas de rapport entre la quantité d'ozone et le développement du choléra. De semblables résultats ont aussi été donnés par les médecins de l'Académie de Vienne. Aujourd'hui, la constatation de l'état ozonométrique de l'air au moyen du papier amidonné et imprégné d'une solution faible d'iodure de potassium, fait partie des observations météorologiques habituelles. On a déjà reconnu par ces observations que dans les habitations, dans les villes, dans les endroits où des matières organiques sont réunies en grande quantité ou abandonnées à la décomposition spontanée, l'ozone disparaît.

Il était intéressant d'étudier les variations de l'ozone dans leurs rapports avec les autres circonstances météorologiques. MM. de Bérigny et Richard, qui ont publié les observations recueillies par eux à Versailles, pendant le mois d'août 1855, sont arrivés, pour cette période très-restreinte, il est vrai, à établir des rapprochements curieux.

Ils ont vu : 1° que, lorsque la température s'élève, l'ozone diminue;

2° Que, lorsque la force élastique de la vapeur et l'humidité relative augmentent, l'ozone suit la même progression;

3° Que, fréquemment, plus le degré de sérénité du ciel est faible, plus celui de l'ozone est considérable.

Si l'on rapproche ces conclusions de celles publiées par M. Quetelet, sur l'électricité atmosphérique, on aura une raison de plus, après toutes celles que nous avons déjà indiquées, de regarder les phénomènes

électriques comme jouant le rôle le plus important dans la production de l'ozone.

Voici, d'après M. Quetelet, les rapports qui existeraient entre l'état électrique de l'atmosphère et les autres conditions météorologiques.

1° La courbe des variations électriques a une marche à peu près inverse de celle des températures de l'air.

2° Cette même courbe est en relation à peu près directe avec la marche de l'état hygrométrique.

3° Enfin la différence entre le maximum et le minimum de l'électricité est, en général, beaucoup plus sensible par les temps sereins que par les temps couverts.

Cette espèce de coïncidence entre la courbe de l'ozone et celle de l'état électrique serait un fait bien intéressant à établir par des recherches plus étendues. D'ailleurs, tout ce qui touche à cette question n'est encore qu'indiqué, et il y a sans doute là un curieux sujet d'études.

Messieurs, les considérations qui ont fait l'objet de nos quatre dernières leçons n'étaient qu'une introduction destinée à fixer l'influence des conditions générales dans lesquelles se trouve placé l'organisme. Dans la prochaine séance, nous aborderons l'étude des gaz toxiques.

## DIXIÈME LEÇON.

16 AVRIL 1856.

SOMMAIRE : Oxyde de carbone. — Composition d'un milieu confiné rendu mortel par de la vapeur de charbon. — Expériences. — De la mort mécanique par introduction d'un gaz insoluble dans le système circulatoire. — L'oxyde de carbone est très-vénéneux. — Expériences sur la solubilité des gaz dans le sang.

MESSIEURS,

L'oxyde de carbone, dont nous allons aujourd'hui aborder l'étude, est un des gaz les plus toxiques que l'on connaisse; souvent ses effets délétères ont pu être constatés sur l'homme, car c'est à lui qu'il faut accorder la part la plus large dans les empoisonnements par la vapeur de charbon. Tout le monde sait que dans un air confiné aux dépens duquel s'entretient une combustion quelconque; dans une chambre bien close où les besoins domestiques, l'éclairage, le chauffage, font brûler des quantités de carbone plus ou moins considérables, l'homme périt assez vite avec un ensemble de symptômes que nous n'avons pas à décrire en ce moment. Or, pendant longtemps, on a cru que dans cette circonstance il y avait empoisonnement par l'acide carbonique qui, dans toutes les combustions, est produit en quantité assez notable. Plus récemment, en examinant avec plus de soin, on reconnut qu'outre l'acide carbonique, il y avait dans ces cas formation d'un gaz très-délétère : l'oxyde de carbone. L'acide carbonique fut dès lors regardé comme tout à fait